

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПАССИВНЫХ СПОСОБОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ПОТОКОВ ПРИ ПОЖАРЕ В ПЕРЕГОННОМ ТОННЕЛЕ МЕТРОПОЛИТЕНА

канд. техн. наук И.Б. Рябова, канд. техн. наук Е.В. Тарахно,
С.Ю. Потетюев

(представлено докт. техн. наук Е.В. Бодянским)

Рассмотрена возможность использования пассивных способов регулирования воздушных потоков для создания незадымляемых зон в подземных сооружениях метрополитена. В качестве одного из вариантов предложено использование воздушных завес, создаваемых плоскими турбулентными струями.

Метрополитен является одним из главных видов транспорта, обеспечивающего перевозку пассажиров в крупных городах, и является объектом с массовым пребыванием людей.

В настоящее время вследствие эксплуатации оборудования, исчерпавшего ресурс по надежности, увеличивается вероятность возникновения пожаров и аварийных ситуаций на метрополитене. Поэтому одной из важнейших задач повышения пожарной безопасности подземных сооружений метрополитена является обеспечение безопасности эвакуации пассажиров при возникновении аварийных ситуаций.

Как свидетельствует статистика, каждый второй пожар в метрополитенах СНГ происходит в подвижном составе. Анализируя катастрофу, произошедшую в 1995 году в Бакинском метрополитене (горящий состав остановился на перегоне), а также пожар под Ла-Маншем (та же ситуация), можно сделать вывод, что остановка горящего состава в перегонном тоннеле - наиболее неблагоприятна и опасна с точки зрения организации работ по эвакуации пассажиров. Это объясняется тем, что аварийный режим вентиляции, предусмотренный в настоящее время для случая возникновения пожара в перегонном тоннеле, не обеспечивает устойчивости потока незадымленного воздуха, направленного навстречу эвакуируемым пассажирам.

Специальная система дымоудаления в метрополитене отсутствует, а ее функция возложена на систему тоннельной вентиляции, рассчитанную лишь на поддержание заданных параметров микроклимата при эксплуатации.

Для обеспечения противодымной защиты система вентиляции должна:

- создавать встречный поток свежего воздуха на путях эвакуации пассажиров со скоростью не менее 0,5 м/с (а по последним данным для исключения возможности распространения продуктов горения в направлении, противоположном направлению потоку воздуха, не менее 1,5 м/с);

- обеспечивать незадымляемость путевых тоннелей, в которых остановлены поезда вследствие прекращения движения на участке трассы;

- осуществлять удаление продуктов горения по кратчайшему пути.

Однако, из-за использования в настоящее время в системах вентиляции оборудования, не приспособленного к длительной работе в условиях высоких температур, и малой эффективности реверсивных режимов вентиляционных агрегатов нельзя полагаться на надежную работу систем в режиме дымоудаления.

Исходя из того, что для обеспечения эвакуации, струю свежего воздуха необходимо подавать навстречу движущимся людям, необходимо также обратить внимание на обязательное влияние дополнительной тяги, возникающей при пожаре в наклонных выработках, так называемой "тепловой депрессии". При этом величина "тепловой депрессии" может превышать напор, создаваемый вентиляционными установками. Следовательно, нарушается условие устойчивости вентиляционного потока

$$H_{т.д.} \leq H_{кр} ,$$

где $H_{кр}$ - максимальное значение тепловой депрессии пожара, Па;

$H_{т.д.}$ - критическая депрессия рассматриваемой вентиляционной ветви, Па.

После этого наступает "опрокидывание" вентиляционной струи, то есть смена направлений воздушных потоков на противоположные. Невыполнение донного условия может быть одной из причин неэффективной работы систем вентиляции в аварийном режиме.

Для разработки надежных аварийных режимов вентиляции необходимо использовать возможности, предоставляемые как активным, так и пассивным способами регулирования вентиляционных потоков. Активный способ состоит в подключении к работе дополнительных агрегатов, расположенных вблизи аварийного участка, что позволяет увеличить напор в вентиляционной системе в 1,5 - 2 раза. Пассивный способ сводится к частичному или полному перекрытию вентиляционных ветвей как прилегающих тоннелей так и аварийного тоннеля.

Учитывая сложную экономическую ситуацию в Украине, замена несоответствующего вентиляционного оборудования и установка дополнительного является трудноосуществимой задачей. Поэтому необходимо уделить внимание пассивному способу регулирования, используемому в практике горноспасательного дела.

В качестве устройств, перекрывающих сечение подземной выработки, могут быть использованы как стационарные так и переносные быстровозводимые перемычки. Одним из вариантов являются парашютные перемычки, однако, для обеспечения их устойчивой работы необходимо обеспечить скорость воздушного потока порядка 5 м/с [1].

Как известно, скорость воздушного потока в тоннеле должна составлять около 1,5 м/с, что исключает возможность использования таких устройств. Как альтернативу парашютным перемычкам применяют модернизированный вариант быстровозводимых перегородок, представляющий собой надувные подушки из огнестойкой ткани, хотя в настоящее время такие перемычки не нашли достаточно широкого применения из-за отсутствия их производства.

Для вновь проектируемых линий метрополитена в качестве пассивного способа регулирования воздушных потоков можно использовать воздушные завесы, создаваемые вентилятором со щелевым раздаточным устройством [2].

Спецификой потоков в подземных выработках большого объема является малая скорость движения воздуха и незначительный перепад давлений в объеме подземной выработки.

При изучении процессов, которые происходят в плоской турбулентной струе, рассматриваются следующие геометрические предпосылки: из щели шириной $2b_0$ выпускается воздух, который образует свободную струю с боковым углом раскрытия θ ; величины скоростей в выходном сечении щели одинаковы и равны u_0 . Проникновение дыма в завесу будет происходить за счет диффузии через границу струи с момента выхода воздуха из выпускной щели до зоны разворота струи. После разделения воздушной струи у потолка тоннеля часть газов переходит в пространство с чистым воздухом, а другая часть возвращается в задымленную область. Для разработки методики расчета воздушных завес необходимо решить две задачи:

1. Определить время движения элементарного объема воздушной завесы от выпускной щели до зоны разворота.

2. Установить соотношение между количеством воздуха, переходящего при разделении струи в незадымленное пространство и количеством воздуха, поступающего в задымленную область, в зависимости от угла наклона завесы.

Используя выражения для определения осевой скорости на различных участках струи [2], можно получить формулу для определения времени движения элементарного объема воздуха от выпускной щели до зоны разворота струи:

$$t^* = \frac{0.2(H^*)^2 - 10.7b_0 \sin \alpha + 7.5b_0 \sin \alpha \sqrt{b_0 H^* \sin \alpha}}{u_0 \sin \alpha \sqrt{b_0 H^* \sin \alpha}},$$

где $H^* = (2H - b_0) / (\operatorname{tg} \theta + 2)$ - высота зоны разворота; H - высота тоннеля; α - угол наклона струи завесы.

Количества дыма, переходящего в незадымленное пространство, можно найти, зная его распределение в поперечном сечении завесы к моменту времени t^* . Необходимо учесть, что в незадымленное пространство переходит только воздух из части сечения струи, лежащей на расстоянии не менее Δ от ее оси [3]:

$$\Delta = (b_0 + H^* \operatorname{tg} \theta) \cos \alpha.$$

Использование плоских турбулентных струй дает возможность изолировать объем, из которого необходимо провести дымоудаление. Воздушные завесы могут быть также использованы для ограничения объемов, в которые необходимо доставлять аэрозолеобразующие огнетушащие средства, а также для снижения воздействия "поршневого" эффекта, возникающего при движении поездов в тоннеле в обычном режиме эксплуатации и создающего неуправляемые сквозняки вблизи платформ на станции метрополитена.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Болбат И.Е., Лебедев В.И., Трофимов В.А. Аварийные вентиляционные режимы в угольных шахтах. - М.: Недра, 1992.-206 с.
- 2 Медведев И.И., Григорьев В.Ю. Расчет воздушных завес в выработках большого объема // Вентиляция шахт и рудников. Комфортность и безопасность атмосферы. - Л.: ЛГИ, 1988. С 96 - 99.
- 3 Теория турбулентных струй / Под ред. Г.Н. Абрамовича. – М.: Наука, 1984. – 128 с.